

# **TEMU ILMIAH NASIONAL DOSEN TEKNIK IX TAHUN 2010 (TINDT IX) 2010**

## **PENGEMBANGAN ILMU PENGETAHUAN YANG MENDUKUNG PENERAPAN TEKNOLOGI RAMAH LINGKUNGAN**

**Auditorium Gedung Utama  
Universitas Tarumanagara  
16 Desember 2010**

Diterbitkan oleh :  
Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara  
Jakarta

MANAGED BY :

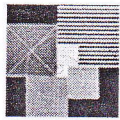


SUPPORTED BY :  
PT. MATAHARI MEGAH



World Class Automation





TINDT IX  
2010

## PENGEMBANGAN VELG RACING SEPEDA MOTOR DENGAN METODA QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT

Zuliantoni

Teknik Mesin - Fakultas Teknik - Universitas Bengkulu  
Kampus UNIB, Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu  
Email: zulian\_75@yahoo.co.id

### Abstrak

Konsumen adalah pusat inspirasi suatu pengembangan produk, selain suara mereka bisa dipakai sebagai pemasaran suatu produk, juga bisa dipakai sebagai dasar pengembangan produk itu sendiri. Akan tetapi secara umum suara konsumen bersifat kualitatif, padahal perancangan dan pengembangan produk harus didasarkan oleh suatu besaran yang dapat dibuktikan dan dapat diukur (kuantitatif). Selain itu konsumen mempunyai banyak variasi permintaan dan keinginannya. Permasalahan yang ada dalam pengembangan velg racing disamping kreatifitas untuk memenuhi keperluan estetika, velg tersebut juga harus kuat. Hasil penyebaran quisioner sebanyak 100 lembar ke pengguna velg racing yang dilakukan di beberapa daerah dengan metode QFD menyatakan 56 % menginginkan velg racing yang menarik, ringan, murah, dan kuat. Dari hasil analisa simulasi pengujian *dynamic radial fatigue* diperoleh bahwa model velg memenuhi standar dengan *endurance* 12,37 kali lipat dari standar minimum yang diperbolehkan SAE J328.

Kata Kunci: pengembangan, velg racing, QFD, *dynamic radial fatigue*

### Pendahuluan

Setiap saat banyak produk yang bermunculan di pasaran dimana produk tersebut diharapkan dapat memenuhi keinginan konsumen terhadap fungsi produk tersebut. Untuk itu dilakukan upaya berupa pengembangan produk dapat berupa mengevaluasi produk yang ada dipasaran atau menciptakan produk baru. Dalam mengembangkan suatu produk banyak aspek yang harus ditinjau antara lain kekuatan, kualitas, kenyamanan, ekonomis dan estetika. Kasus yang dijumpai pada industri komponen otomotif lokal, yang memproduksi velg-velg Aluminium berkualitas ekspor, yaitu diperlukannya suatu iterasi desain yang berkepanjangan untuk mendapatkan suatu desain akhir yang optimal dalam proses pengembangan produknya. Hal ini tentunya disebabkan oleh minimnya metode analisa yang digunakan dalam proses pengembangan tersebut, atau bahkan mungkin tidak melalui tahap analisa sama sekali, sehingga cara yang ditempuh adalah melalui cara *trial and error*. Sebenarnya banyak kerugian yang diakibatkan oleh metoda *trial and error* ini, antara lain adalah ketidak-pastian jumlah iterasi yang akan terjadi. Dan lagi, dari setiap iterasi tersebut akan mengeluarkan banyak biaya dan waktu produksi untuk proses *manufacturing* prototipenya. Mengingat pentingnya velg yang merupakan salah satu komponen otomotif perubahan desainnya berlangsung sangat cepat, maka perlu dilakukan pengembangan velg bintang untuk kendaraan bermotor roda dua. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan yang didasarkan pada metode QFD. Tujuan utama dari QFD pada studi ini adalah untuk menerapkan desain yang berorientasi pada konsumen dengan mengadaptasi beberapa matriks dan table pada tahapan-tahapannya. Analisa kekuatan velg ini dilakukan dengan metode elemen hingga untuk simulasi pengujian *dynamic radial fatigue*, selanjutnya dilakukan perancangan proses



manufaktur agar diperoleh proses yang lebih sederhana dan dengan biaya produksi yang lebih murah. Dari latar belakang yang diuraikan di atas, dapat dirumuskan permasalahan utama yaitu; bagaimana merancang model velg bintang sepeda motor yang ringan, dan kuat?, bagaimana menganalisa proses produksi velg bintang sepeda motor?, bagaimana merancang proses manufaktur dan perhitungan biaya produksi?. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut; penyebaran dan evaluasi kuisioner berdasarkan metode QFD, pengembangan velg bintang dilakukan dengan mengubah bentuk geometrinya, material diasumsikan homogen, dan isotropik, analisa prediksi umur fatik hanya dilakukan sampai pada tahap pengintian retak yang pertama, tidak menganalisa pengurangan tekanan pada ban, dan velg dan ban terpasang dalam kondisi *balance*. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah; merancang model velg bintang sepeda motor yang ringan, dan kuat berdasarkan atas permintaan konsumen, menganalisa struktur velg bintang sepeda motor dengan bantuan *software* untuk pembebanan radial, merancang proses manufaktur dan perhitungan biaya produksi. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah; bisa digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk mengembangkan atau membuat suatu desain baru, dengan melakukan proses simulasi ini diharapkan nantinya kita dapat mengurangi jumlah material spesimen uji, biaya, dan tenaga yang dikeluarkan untuk melakukan proses pengujian ini, menunjukan bahwasannya pemilihan metode elemen hingga sangat bermanfaat dan praktis untuk dipergunakan dalam tahap-tahap awal pengembangan produk velg bintang. Dan kelanjutannya dapat digunakan untuk memprediksi kualifikasi umur fatik pada suatu komponen sebelum prototype yang sebenarnya dibuat.

## Dasar Teori

### Quality Function Deployment (QFD)

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada adalah metode *Quality Function Deployment* (QFD). *QFD* merupakan metode yang digunakan untuk mengantisipasi dan menentukan prioritas kebutuhan dan keinginan konsumen, serta menggabungkan kebutuhan dan keinginan konsumen tersebut dalam produk barang maupun jasa yang dihasilkan perusahaan. Pendekatan metode ini terletak pada desain produk, rekayasa dan produktivitas serta memberikan evaluasi yang mendalam terhadap suatu produk barang atau jasa. Suatu organisasi yang memanfaatkan *QFD* dengan tepat dapat meningkatkan pengetahuan rekayasa, produktivitas dan kualitas serta mengurangi biaya, waktu dalam pengembangan produk serta perubahan-perubahan rekayasa.

### Beberapa Definisi QFD

Beberapa definisi dari *QFD* yang diberikan oleh beberapa ahli adalah sebagai berikut:  
*QFD* adalah metodologi terstruktur yang digunakan dalam proses perancangan dan pengembangan produk untuk menetapkan spesifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen, serta mengevaluasi secara sistematis kapabilitas suatu produk barang maupun jasa dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. (Cohen, 1995)  
*QFD* adalah suatu alat dalam perencanaan yang dipergunakan untuk memenuhi keinginan pelanggan. (Besterfield.et.al,1995)  
Tujuan dari *QFD* tidak hanya memenuhi sebanyak mungkin harapan-harapan pelanggan tapi juga berusaha melampauinya sebagai cara dalam berkompetisi sehingga pelanggan tidak *complained* tapi sebaliknya menginginkan untuk menggunakannya lagi. Hal ini harus dilaksanakan oleh tim *QFD*. Penggunaan *QFD* dalam proses perancangan produk jasa dapat



membantu manajemen dalam menciptakan karakteristik dan atribut kualitas produk jasa yang dapat meningkatkan kepuasan konsumen.

### Manfaat QFD

Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dengan menerapkan *QFD* adalah :

Memusatkan perancangan produk dan jasa baru pada kebutuhan pelanggan.

Memastikan kebutuhan pelanggan dipahami dan mendorong proses desain.

Mengutamakan kegiatan desain, memastikan proses desain dipusatkan pada kebutuhan konsumen yang paling berarti.

Berfokus pada upaya perancangan sehingga meminimalkan waktu perancangan secara keseluruhan. Pemikiran baru memperhatikan adanya penghematan 1/4 sampai 1/3 dibanding sebelum *QFD* dilakukan.

Mengurangi perubahan desain setelah dikeluarkan dengan memastikan upaya yang berfokus pada tahap perencanaan.

### Tahap Implementasi QFD

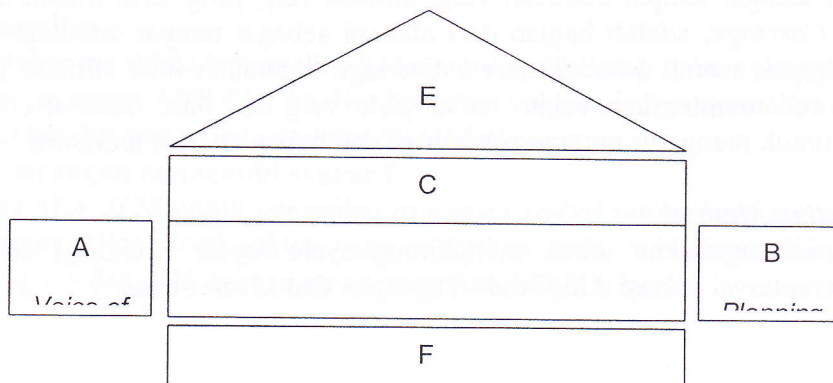
Implementasi *QFD* terdiri dari 3 tahap dimana seluruh kegiatan yang dilakukan pada masing-masing tahapan dapat diterapkan seperti layaknya suatu proyek, dengan terlebih dahulu dilakukan tahap perencanaan dan persiapan. Ketiga tahap tersebut adalah (Cohen, 1995); tahap pengumpulan *voice of customer*, tahap penyusunan rumah kualitas, dan tahap analisa dan interpretasi.

### Pengumpulan Voice of Customer (VOC)

Langkah yang paling awal dari metode ini adalah langkah inventarisasi permintaan konsumen (*voice of customer* – VOC). Permintaan dapat diketahui dengan berbagai cara, misalnya dengan menyebarkan kuisisioner, survei lapangan atau tanya jawab (baik langsung maupun tidak langsung), dan lain-lain. Pertanyaan kuisisioner yang telah dirancang oleh desainer harus dapat diisi dengan mudah oleh konsumen. Pertanyaan awal adalah pertanyaan umum, misalnya dengan menanyakan apakah konsumen mempunyai atau mengetahui produk yang akan dikembangkan.

### Penyusunan Rumah Kualitas (HOQ)

Penerapan metodologi *QFD* dalam proses perencanaan produk/jasa diawali dengan pembentukan matriks perencanaan produk atau sering disebut sebagai *House of Quality* (HOQ).



Gambar 1 *House of Quality* (HOQ)



Keterangan :

Bagian A : berisi data/informasi tentang kebutuhan dan keinginan konsumen

Bagian B : Berisi 3 jenis data yaitu

Tingkat kepentingan (*ranking*) dan kebutuhan konsumen

Tingkat kepuasan konsumen terhadap produk yang dihasilkan

Tujuan strategisnya untuk produk/jasa baru yang akan dikembangkan

Bagian C : Berisi persyaratan teknis untuk produk baru yang akan dikembangkan. Data diturunkan berdasarkan informasi yang diperoleh mengenai kebutuhan dan keinginan konsumen (matriks A)

Bagian D : Berisi penilaian mengenai kekuatan hubungan antara elemen-elemen yang terdapat pada bagian persyaratan teknis (matriks C) terhadap konsumen (matriks A) yang dipengaruhi.

Bagian E : Menunjukkan korelasi antara persyaratan teknis yang satu dengan yang lain yang terdapat di matriks C

Bagian F : Berisi 3 jenis data

Untuk tingkat kepentingan (*ranking*) persyaratan teknis

Informasi hasil perbandingan kinerja teknis produk yang dihasilkan

Target kinerja persyaratan teknis produk baru dikembangkan.

### ***Analisis dan Interpretasi***

Permintaan konsumen yang sudah disusun dalam HoQ harus dievaluasi sesuai dengan kemampuan, apakah seluruh permintaan akan dipenuhi ataukah harus dilihat prioritas tertinggi. Secara umum evaluasi dilakukan berdasarkan suara konsumen terbanyak. Suara ini dipilih agar lebih mudah dalam memilih komponen yang harus dikembangkan.

### ***Dynamic Radial Fatigue Test (DRF)***

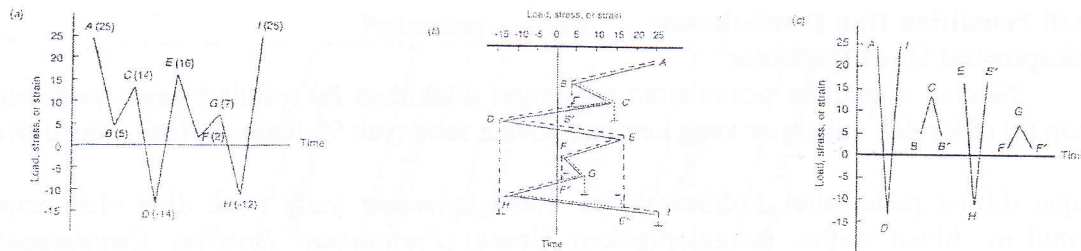
Pengujian DRF adalah pengujian yang dilakukan untuk memverifikasi harga kekuatan fatik dari suatu struktur Velg terhadap beban radial. Dengan cara : velg dan ban dipasang pada sebuah spindle yang dapat berputar bebas, kemudian diberikan beban kearah radial yang diputar oleh Roadwheel secara terus menerus sampai criteria penghentian tercapai. Alat uji DRF terdiri dari 4 komponen utama : Roadwheel, Spindle, Carriage, dan Control Console. Roadwheel, adalah sebuah drum yang terbuat dari baja (steel A36) dengan diameter 17.707 mm. Satu putaran roadwheel sama dengan 5,4 m. Roadwheel mempunyai permukaan kontak yang rata dan digerakan dengan motor berdaya 300 HP melalui transmisi sabuk.

Spindle, adalah sebagai tempat dudukan velg, dimana velg yang telah dibaut dapat berputar dengan bebas. Carriage, adalah bagian dari alat uji sebagai tempat dudukan poros spindle yang dapat bergerak searah *load direction*. Carriage digerakan oleh silinder hidrolik atau PowerScrew untuk memberikan beban radial pada velg dan ban. Control console, berupa system control untuk mengatur putaran roadwheel dan beban operasi hidrolik.

### ***Rainflow Counting Method***

Metoda ini digunakan untuk menghitung cycle (cycle counting) dari Stress-time history yang mempunyai variasi Amplitudo Tegangan dan Mean Stress.





(a) Load, stress, atau strain history. (b) Ilustrasi dari penghitungan Rainflow. (c) Hasil penghitungan.

Gambar 2 Contoh penghitungan cycle dengan Rainflow.

Kemudian cycle yang didapat dari hasil perhitungan akan digunakan selanjutnya untuk memprediksi kerusakan kumulatif dari material.

### Metode Penelitian

#### Pembuatan dan Penyebaran Quisioner

Quisioner ini berisikan pertanyaan tentang keinginan customer akan velg bintang. Quisioner bertujuan untuk mengetahui keinginan konsumen dari segi jumlah pemakai velg bintang, prioritas yang dipilih, dan bentuk velg bintang.

#### Rekapitulasi Hasil Quisioner dengan Metode QFD

Setelah membuat dan menyebarkan quisioner, maka dilakukan rekapitulasi hasil quisioner yang disesuaikan dengan metode QFD. Hasil ini merupakan dasar dalam pengembangan konsep model velg bintang.

#### Pengembangan dan Pemilihan Konsep

Dari hasil rekapitulasi quisioner, didapati bentuk dan model velg bintang yang diminati konsumen. Setelah itu, dari bentuk dan model yang diminati tersebut dibuat beberapa konsep untuk dipilih satu konsep yang terbaik. Pada tahap ini juga dilakukan pemilihan dan penetapan material velg bintang.

#### Perancangan Model Velg Bintang

Penggambaran model velg bintang hasil seleksi tersebut dibuat dalam gambar tiga dimensi dengan bantuan *software* ANSYS.

#### Simulasi Pengujian

Pada tahap ini dilakukan analisa kekuatan velg terhadap beban yang diberikan dengan menggunakan program ANSYS. Analisa kekuatan velg ini hanya dilakukan dengan simulasi sesuai dengan kondisi pengujian *dynamic radial fatigue*.

#### Apakah perancangan memenuhi syarat ?

Standar Eropa *SEA J328* untuk pengujian *dynamics radial fatigue* mensyaratkan untuk velg dari Alluminium Alloy, load faktor yang diberikan pada roda depan dan roda belakang masing-masing 2.5 dan 2.25 dengan umur minimum 600.000 *cycle*.



## Hasil Penelitian Dan Pembahasan

### Rakapitulasi Hasil Qusioner

Setelah dilakukan penyebaran quisioner, dilakukan rekapitulasi hasil quisioner. Pada tahap ini diperoleh quisioner yang kembali adalah sebanyak 95 lembar. Hasil yang diperoleh

dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini. Hasil kuisioner yang telah diisi oleh responden, kemudian dibuat daftar pengelompokan Umum *Permintaan Kualitas Customer (VOC)*. Diurutkan berdasarkan skor yang diperoleh yaitu; murah, dimensi jeruji, kuat, bahan alumunium, jeruji banyak, dan warna velg. Kemudian dibuat Substitute Quality Characteristic (SQC ), dari hasil brainstorming. Berikut ini adalah Substitute Quality Characteristic (SQC ); SQC 1 Harga murah, SQC 2 Ukuran kecil, SQC 3 Bisa menahan beban, SQC 4 Bahan paduan Alumunium, SQC 5 Jeruji enam, SQC 6 Warna hitam.

### Pengembangan Konsep

Untuk mengembangkan velg bintang dibuat beberapa konsep alternatif, seperti uraian berikut ini:

Velg bintang palang 6 (sebagai referensi)

Konsep velg bintang ini merupakan velg bintang palang 6 dan tidak mengalami perubahan bentuk. Konsep ini akan menjadi konsep referensi dalam seleksi konsep.

Velg bintang palang 6 dengan satu penyangga bagian dalam

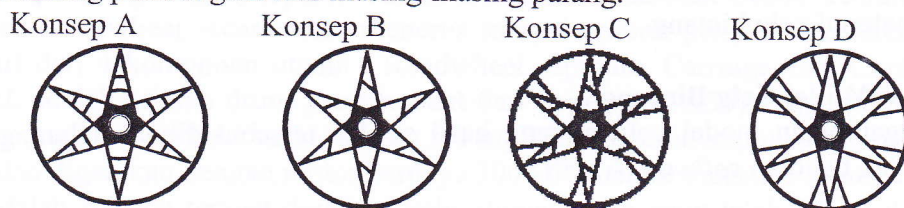
Konsep velg bintang ini merupakan konsep velg bintang palang 6 dengan memasang satu penyangga dalam posisi miring pada bagian dalam masing-masing palang.

Velg bintang palang 6 dengan satu penyangga di bagian dalam dan luar

Konsep velg bintang ini merupakan konsep velg bintang palang 6 sama dengan konsep B tapi di tambang satu penyangga pada bagian luar palang.

Velg bintang palang 6 dengan dua penyangga bagian luar

Konsep velg bintang ini merupakan konsep velg bintang palang 6 dengan memasang dua penyangga miring pada bagian luar masing-masing palang.



Gambar 3 beberapa konsep velg bintang

Tabel 1. Hasil pengisian quisioner oleh konsumen




Perbandingan : VOC

Dengan : VOC	Dimensi jeruji	Jeruji banyak	Warna velg	Kuat	Murah	Bahan Alumunium
Dimensi jeruji		2	3	3	3	3
Jeruji banyak	2		2	3	2	2
Warna velg	1	2		3	1	2
Kuat	1	1	1		1	1
Murah	1	2	3	3		3
Bahan Alumunium	1	2	2	3	1	
Jumlah koresponden n = 95						
Jumlah	1848	1601	1489	1608	1871	1600
Rata-rata	19,5	16,9	15,7	16,9	19,7	16,8
Rangking	2	5	6	3	1	4

Keterangan: nilai 3 : lebih penting, nilai 2 : sama penting, nilai 1 : kurang penting



Tabel 2 Penyusunan HoQ (House of Quality)

VOC \ SQC	Bobot VOC						
		↓ Ukuran kecil	↑ Harga murah	↑ Paduan Aluminium	↑ Jeruji enam	↓ Bisa menahan beban	↑ Warna hitam
Murah	19,7	π	Δ		Δ	Δ	π
Dimensi jeruji	19,5	Δ	Δ	π	Δ	Δ	Δ
Kuat	16,9			Δ		Δ	Δ
Bahan Aluminium	16,8	Δ	Δ	Δ	Δ	π	Δ
Jeruji banyak	16,9	Δ	π		π	Δ	Δ
Warna velg	15,7	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
Bobot Absolut SQC		2877	2895	2619	1917	2259	1790
Bobot SQC (%)		17,8	17,9	16,2	11,8	13,9	11,0
Rangking SQC		2	1	3	5	4	6

Maksimum : ↑      Positif sekali : @      Negatif : ×      9 : π  
 Minimum : ↓      Positif : O      Negatif sekali : X      3 : Δ  
 Normal : ☺      1 : λ

### Pemilihan Konsep

Tabel 3 Penyaringan konsep velg bintang

No	Kriteria seleksi	Konsep			
		A	B	C	D
1	Desain sederhana	0	+	-	-
2	Velg bintang artistik	0	+	+	+
3	Ringan	0	+	-	-
4	Tahan korosi	0	0	0	0
5	Keamanan pemakaian	0	+	+	+
6	Harga ekonomis	0	+	0	0
7	Kekuatan menerima beban	0	+	+	+
8	Jumlah komponen velg minimal	0	+	-	-
Total (+)			7	3	3
Total (-)			0	3	3
Total (0)			1	2	2
Jumlah total			7	0	0
Rangking			I	II	III
Continue			Ya	Tidak	Tidak

Keterangan: + = lebih baik dari pada, 0 = sama dengan, - = lebih jelek dari pada



Dari hasil seleksi *screening*, konsep B merupakan konsep terbaik untuk dikembangkan lebih lanjut.

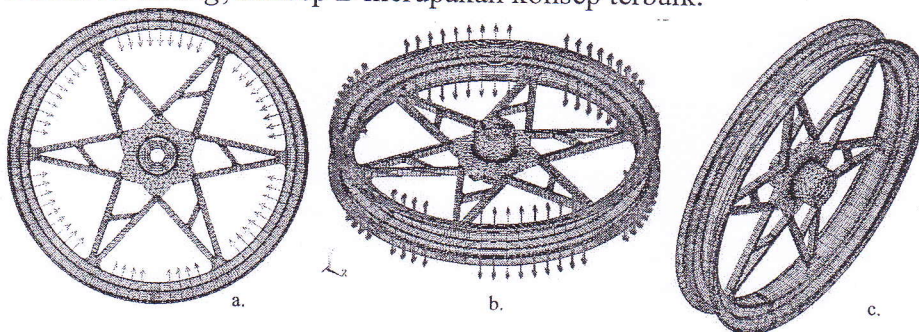
### Pemilihan Material

Untuk seleksi material velg bintang pada sepeda motor ditetapkan kriteria seleksi seperti terlihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4 Penyaringan material velg bintang

No	Kriteria seleksi	Konsep			
		AA 2014 T6	AA 2024 T6	AA 6061 T6	AA 7075 T6
1	Mass jenis	0	+	+	+
2	Modulus	0	+	-	+
3	Yield strength	0	-	-	+
4	Ultimate strength	0	-	-	+
5	Corrosion	0	0	0	0
6	Cost/kg	0	+	+	-
7	Specific gravity	0	+	+	0
8	Hardness	0	+	+	-
Total (+)			5	4	4
Total (-)			2	3	2
Total (0)			1	1	1
Jumlah total			3	1	2
Rangking			I	III	II
Continue			Ya	Tidak	Tidak

Keterangan: + = lebih baik dari pada, 0 = sama dengan, - = lebih jelek dari pada  
 Dari hasil seleksi *screening*, konsep B merupakan konsep terbaik.



Gambar 4. Visualisasi gaya pada model finite elemen; a. Gaya radial karena seating pressure, b. Distribusi gaya pada flange, c. Distribusi gaya tangensial pada bead seat

Tabel 5 Hasil rentang dan rata-rata tegangan

Cycle	Smaks Maksimum (MPa)	Smin Minimum (MPa)	Rentang	Sm Rata-rata (MPa)	Sa Amplitudo (MPa)
A-B-C (1)	32.469	-1.9994	34.4684	15.2348	17.2342
D-E-F (2)	0.12642	-1.9994	2.12582	-0.93649	1.06291



Karena data eksak S-N dengan variasi *Mean Stress* sulit didapat, maka salah satu alternatifnya adalah dengan harga pendekatan kurva S-N yang lebih dikenal dengan persamaan Basquin. Prediksi jumlah cycle total,

$$1 = \frac{n_1}{7.42 \times 10^6} + \frac{n_2}{\sim} \rightarrow n_1 + n_2 = 7.42 \times 10^6 \text{ cycle}$$

Jadi prediksi jumlah putaran ban yang dapat ditempuh oleh struktur ini adalah sebanyak  $7.42 \times 10^6$  putaran. Sedangkan jumlah putaran yang diperbolehkan minimum hanya 600.000 putaran. Berarti endurance pada disain velg lebih besar 12,37 kali lipat dari standar minimum yang diperbolehkan SAE J.328.

### Kesimpulan

Dari analisa pengembangan velg bintang yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal ;

Dari hasil analisis QFD konsep B merupakan konsep terbaik untuk dikembangkan lebih lanjut. Hasil perhitungan yang dilakukan ANSYS untuk konsep terpilih didapat berat total velg bintang sebesar 2,32 Kg.

Hasil simulasi pengujian dynamic radial fatigue menunjukkan bahwa velg bintang tersebut memenuhi standar yaitu didapatkan jumlah putaran ban yang dapat ditempuh adalah  $7,42 \times 10^6$  putaran.



## Daftar Pustaka

1. Faraq, Mahmoud M., (1997), *"Material selection for engineering design"*, Prantice hall Europe, London
2. Juvinall, C, Robert, (1967) *"Engineering Considerations of Stress, Strain, and Strength"*, McGraw-Hill Book Company, New York.
3. Juvinall, C, Robert, (1967) *"Engineering Considerations of Stress, Strain, and Strength"*, McGraw-Hill Book Company, New York.
4. Pramono, A.S, (2003), *"Simulasi Pengujian Dynamic Radial Fatigue Pada Velg sedan dengan Metoda Elemen Hingga"*, Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin II (SNTTM II) Padang
5. Kamal, Mounir M,(1982), *"Modern Automotive Structural Analysis"*, Van Nostrand Reinhold Company
6. SAE HS-3200, (1996), *"Passenger Car Safety Standards Manual"*, Society of Automotive Engineers,inc
7. Stephens, Ralph I, (2001), *"Metal Fatigue In Engineering"*, John Wiley & Sons, inc
8. Ulrich, Karl T, (2000). *"Product Design and Development"*, Second Edition, Irwin McGraw-Hill.